УДК 658.26.621.31

Ю.Л.ЖУКОВСКИЙ
Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г.В.Плеханова (технический университет)

ПУСКОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИВОДА КОНВЕЙЕРА В СЕТЯХ С ПРОДОЛЬНОЙ КОМПЕНСАЦИЕЙ

Рассматривается математическая модель асинхронного двигателя с установкой продольной емкостной компенсации. Исследуются режимы пуска асинхронного двигателя без нагрузки и со значительной нагрузкой на валу, без установки продольной емкостной компенсации и с продольной компенсацией. Анализируются режимы пуска асинхронного двигателя в мягкой и жесткой сети, показано улучшение условий пуска со значительной нагрузкой на валу мощного удаленного асинхронного двигателя в схеме с установкой продольной емкостной компенсации (сокращение времени разгона, увеличение напряжения на зажимах двигателя, исчезновение отрицательных значений момента). Определяются условия возникновения электромагнитной неустойчивости режима пуска, допустимые параметры продольной компенсации и шунтирующего сопротивления, при которых возникновение неустойчивости исключается, устанавливается граница устойчивой работы исследуемого двигателя в режиме пуска.

Mathematical anisochronous engine model with installing the longitudal capacitive compensations is considered, the modes of starting an anisochronous engine without the load and with the significant load on the gross, without installing the longitudal capacitive compensations and with the longitudal compensation are researched, the modes of starting an anisochronous engine in a mild and hard network are researched the improvement of starting conditions with the significant load on the gross of a powerful removed anisochronous engine in the scheme with installation of longitudal capacitive compensations (reduction of acceleration time, increasing a voltage on grips of engine, disappearance of negative values of moment)are shown. The conditions of arising electromagnetic vagary mode of starting are defined, possible parameters of longitudal compensations and bypassing resistances, under which arising vagary is excluded are defined the border of a firm function of under investigated engine in the mode of starting are defined.

В соответствии с технологией горных работ часто возникает необходимость осуществлять пуск мощного электродвигателя при наличии нагрузки на валу. В режиме пуска мощного двигателя или группы двигателей за счет больших пусковых токов на элементах линии электропередач (ЛЭП) наблюдаются значительные потери напряжения, что, в свою очередь, затрудняет пуск, увеличивает время пуска и может стать причиной перегрева двигателей при затяжных пусках.

Установки продольной емкостной компенсации (УПК) используют для облегчения режима пуска мощного двигателя или группы двигателей. Однако последовательное включение конденсаторов УПК с ЛЭП может стать причиной возникновения электромагнитной неустойчивости режима асинхронного двигателя (АД), а также режима самовозбуждения.

В данной работе производится количественная оценка влияния параметров УПК на режим пуска электродвигателя, а также определение области устойчивости при пуске двигателя с использованием установки продольно-емкостной компенсации.

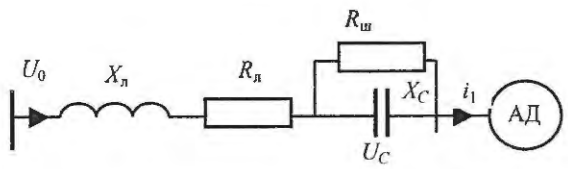


Рис.1. Схема замещения узла нагрузки с УПК

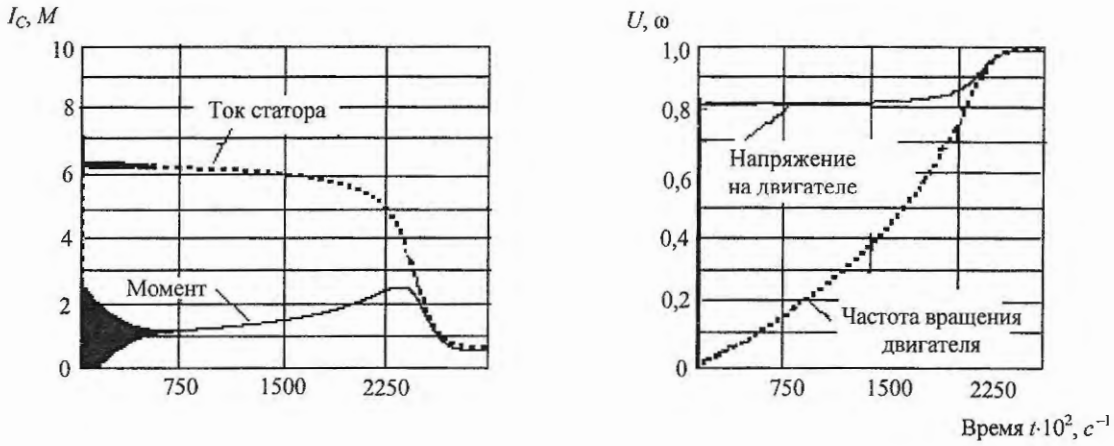


Рис.2. Пусковые характеристики двигателя при отсутствии УПК и с моментом сопротивления при пуске $M_C = 0{,}5$

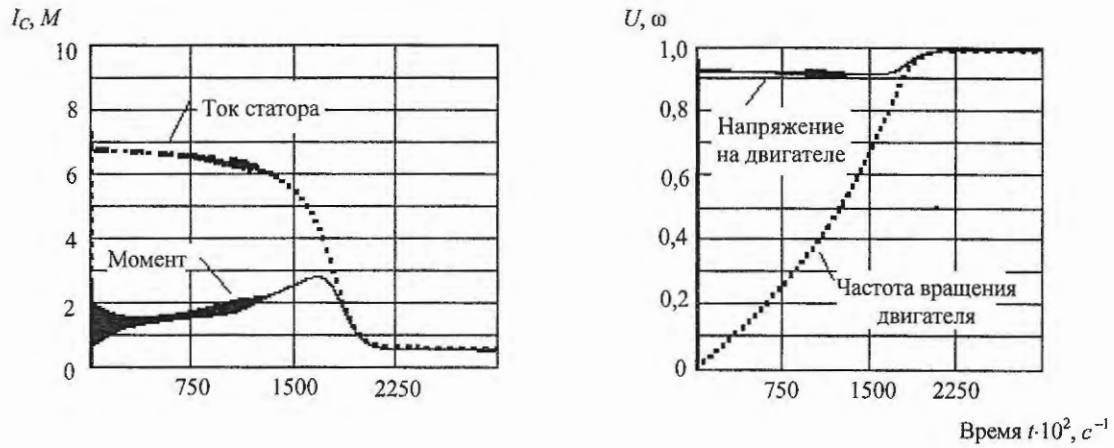


Рис.3. Пусковые характеристики при включении УПК

Асинхронный двигатель подключен к ЛЭП с параметрами $R_л$, $X_л$ напряжением U_0 с продольной компенсацией X_C, шунтированной сопротивлением $R_ш$ (рис.1).

Приведенная к форме Коши система уравнений исследуемой сети в относительных единицах в неподвижных координатах (α ,β, 0), жестко связанных со статором, выглядит следующим образом*:

$$p\Psi_1 = U_1 - (S + j)\overline{\Psi}_1 + K_2 S_1 \overline{\Psi}_2 - \overline{U}_C;$$

$$pU_C = K_1 \overline{\Psi}_1 - K_2 K_3 \overline{\Psi}_2 - (K_4 + j)\overline{U}_C;$$

$$p\overline{\Psi}_2 = K_1 S_2 \overline{\Psi}_1 - (S_2 + jS)\overline{\Psi}_2;$$

$$pS = \frac{1}{T_M}\left(m_C - \frac{K_1}{X_2'}\mathrm{Re}(j\overline{\Psi}_2\overline{\Psi}_1)\right),$$

где $\overline{\Psi}_1$, $\overline{\Psi}_2$ – пространственные векторы потокосцеплений статора и ротора; $\overline{U}_0, \overline{U}_C$ – пространственные векторы напряжения питания и УПК; S – скольжение ротора; m_C – момент сопротивления на валу.

В данных выражениях приняты следующие обозначения:

$$K_1 = \frac{X_M}{X_1};\ K_2 = \frac{X_M}{X_2};\ X_1' = X_1 - \frac{X_M^2}{X_2};$$

$$K_4 = \frac{X_C}{R_ш};\ X_1' = X_2 - \frac{X_M^2}{X_1};$$

Ковач К.П. Переходные процессы в машинах переменного тока / К.П.Ковач, И.Рац. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963; *Лайон Л.* Анализ переходных процессов в электрических машинах переменного тока. М-Л.: Госэнергоиздат, 1958.

$$S_1 = \frac{R_1}{X_1'};\ S_2 = \frac{R_2}{X_2'},$$

где X_M – сопротивление взаимной индукции между статором и ротором; X_1 и X_2 – индуктивное сопротивление соответственно статора и ротора.

Решение системы уравнений на ЭВМ в среде MATCAD позволяет изучить пусковые характеристики электродвигателей и определить область их устойчивой работы при изменении параметров продольной компенсации и шунтирующего сопротивления $R_ш$.

Пример расчета процессов пуска одного из двигателей с нагрузкой на валу (рис.2) приведен в относительных единицах.

Включение УПК (рис.3) уменьшает время пуска и колебания момента на валу, увеличивает напряжение на зажимах двигателя до $0{,}92U_н$.

Как видно из рис.3 (кривая момента), включение УПК, наряду с положительными явлениями, привносит возможность самовозбуждения двигателя. Для недопущения этого явления необходимо подобрать параметры шунтирующего сопротивления $R_ш$.

Исследование процессов пуска АД на математической модели с моментом сопротивления на валу $M_c = 0{,}5$ производилось при различных соотношениях сопротивления УПК и ЛЭП ($X_C / X_{лэп} = 0{,}1 \div 1$), шунта и УПК ($R_ш / X_C = 1 \div 100$). Фиксировались сочетания перечисленных сопротивлений, при которых возникало самовозбуждение. Результаты исследований представлены на рис.4.

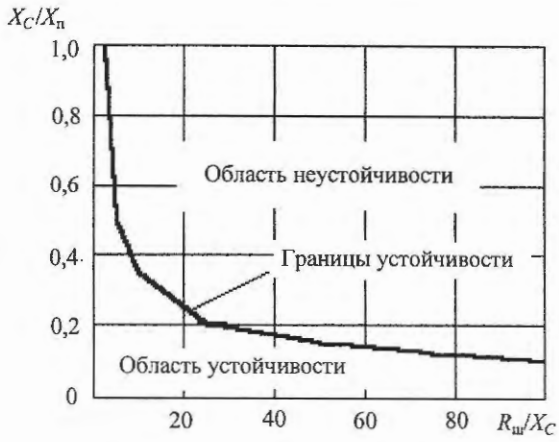


Рис.4. Граница области устойчивой работы АД при пуске

Как видно из представленных характеристик переходных процессов, включение установки продольно-емкостной компенсации позволило сократить время разгона на 20 %. Следовательно, потери в режиме пуска также сократились на 20 % за счет уменьшения времени разгона. Уменьшились колебания момента на валу двигателя (размах колебаний с использованием УПЕК не превышает 2 против 2,7 в предыдущем режиме). Перемена знака момента полностью отсутствует.

Предложенная методика позволяет определить область неустойчивости при пуске удаленного мощного асинхронного двигателя (например, привод конвейера) с установками продольной емкостной компенсации, а также подобрать шунтирующее сопротивление $R_ш$, при котором возникновение неустойчивости исключается.

Научный руководитель к.т.н. доц. *П.М.Каменев*